

La música de los elementos

Resumen:  Cu l es el papel que juegan los elementos químicos, Mendeléiev y la tabla periódica en el mundo de la música? Se ofrecen aquí unas notas preliminares, tal vez la punta de un iceberg. El lector encontrará sugerencias para audiciones gratificantes, pero queda advertido de que en ocasiones deberá echar mano de su sentido del humor más que de su sensibilidad musical.

Palabras Clave: Música, tabla periódica, elementos químicos, Mendeléiev.

*Le savant et l'artiste cr ateurs sont,
d'un point de vue intellectuel, des
fr res jumeaux.¹*

Georges Urbain (1924)

*Sei que a arte   irm  da ciència
Ambas filhas de um Deus fugaz
Que faz num momento
E no mesmo momento desfaz.²*

Gilberto Gil (1997)



**Santiago
 lvarez Reverter**

los elementos, el sistema periódico y el propio Mendeléiev han podido inspirar piezas musicales a lo largo de la historia. La calidad musical de las obras que comentaremos será inevitablemente heter genea, aunque confío en que el lector encuentre referencias a buena música y letras interesantes o simplemente divertidas. La bibliografía sobre el tema es más bien escasa y se limita a algunas notas breves sobre la relación entre la música y la química que se refieren fundamental-

mente al mundo del rock y el pop.^[3] Algo más asequible es la información sobre químicos compositores,^[4] aunque en esas fuentes los elementos químicos est n prácticamente ausentes.

Introducci n³

Pero,  es que existe alguna relación entre los elementos químicos y la música? Vayamos por partes. Empecemos por recordar que Newlands^[1] hizo referencia a la escala musical cuando propuso la ley de las octavas, precedente innegable del sistema periódico de Mendeléiev: *members of the same group stand to each other in the same relation as the extremities of one or more octaves in music.*⁴ El propio Mendeléiev tuvo una fe ciega en una clasificación periódica de los elementos porque la naturaleza es periódica (el día y la noche, las estaciones), como lo son "las vibraciones de todo tipo" que son la materia prima de la música, aunque reconoció que la periodicidad de los elementos era algo más compleja que la de las ondas.^[2]

Por otro lado, existen versiones elementales de diversos instrumentos musicales, como las flautas traveseras de plata, oro o platino, trompas y trompetas de plata, o violoncellos, violas y violines de fibra de carbono. Los tubos de metal en un órgano son generalmente hechos de una aleación con proporciones variables de plomo y estaño, aunque también se han hecho de zinc, oro, plata, aluminio, cobre o hierro. Incluso se pueden encontrar usos menos convencionales de los elementos para generar música, como en *Fluorescences* de Krzysztof Penderecki, que utiliza trozos de estaño, además de pedazos de madera y vidrio, una sirena y una máquina de escribir. Por su parte, Alexandr Mosolov, en la pieza orquestal *Zavod* ("Fundición de acero", 1927), utiliza una plancha de metal para recrear el efecto de golpes sobre hierro y acero. Más recientemente, el aluminio es el elemento responsable de almacenar la información digital en los discos compactos.

El objetivo de estas líneas, sin embargo, no es ahondar en ese tipo de relaciones, sino mirar con ojos de aficionado cómo

 ranse cuatro elementos (o cinco)

Entre la música culta, las referencias a los elementos, en plural, se encuentran sobre todo en el barroco. Claro que la teoría atómica de Dalton (1808) y el propio concepto de elemento químico son posteriores. Pero las obras musicales a las que me refiero están dedicadas a los cuatro elementos clásicos: tierra, fuego, agua y aire. Se atribuye al siciliano Empédocles de Agrigento (490–430 AC) la propuesta de estos cuatro elementos como constituyentes básicos de la materia, formados por partículas muy pequeñas e inalterables, en la línea de la teoría atómica de Leucipo.^[5] Dejo al lector la tarea lúdica de especular sobre posibles correspondencias entre los cuatro elementos de la materia y los de la música: ritmo, melodía, armonía y timbre.^[6] Curiosamente, los compositores de los siglos XIX y XX siguen inspirándose en los cuatro elementos y no en la gesta de Mendeléiev ni en el descubrimiento de nuevos elementos químicos, salvo contadas excepciones. Como resumen, véase la lista de obras de la Tabla 1, que abarca algo más de tres siglos.

En 1681 Charpentier puso música a la comedia *La Pierre Philosophale*, de Thomas Corneille y Jean Donneau de Vis ,

Departament de Química Inorg nica, Universitat de Barcelona,
Martí i Franqu s 1–11, 08028 Barcelona.

C-e: santiago@qi.ub.es

Recibido 25/01/2007. Aceptado 23/04/2007.

¹ El científico y el artista creativos son, desde un punto de vista intelectual, hermanos gemelos.

² S  que el arte es hermano de la ciencia / ambos hijos de un Dios fugaz / que hace en un momento / y en el mismo momento deshace.

³ Este artículo recoge y amplía parte de la ponencia *Chemistry in the Musical World* presentada en la reunión NoSIC-2 (*Not Strictly Inorganic Chemistry*), que tuvo lugar en Prullans de Cerdanya en junio de 2006.

⁴ Los miembros del mismo grupo se relacionan entre sí de la misma forma que los extremos de una o más octavas en música.

La Música de los elementos

una *pièce   machines*⁵ avec agr ments musicaux en cinco actos y un prólogo. El título hace referencia a la piedra filosofal que intentan descubrir dos de los personajes. El personaje central aprovecha un ritual rosacruz para proponer matrimonio a la hija de uno de los alquimistas mediante una original declaración: *Je suis un élément l ger*. Los cuatro elementos danzan para celebrar la ocasión, al tiempo que el agua y el fuego proclaman que la fuerza del amor es capaz de unir a los contrarios. Durante escasos ocho minutos esta obra evoca unos elementos no sólo humanos sino gozosamente epicúreos, en particular en sendos coros de los cuatro elementos.



Figura 1. Jean-F ry R bel, autor de *Les  l mens*.

Otra notable obra del barroco dedicada a los elementos es una sinf n  de Jean-F ry Rebel (Figura 1). Su primer movimiento, *Le Cahos*, es sobrecogedor y aún hoy suena descaradamente moderno. El tono más amable del barroco se recupera en una sucesión de movimientos dedicados a la tierra y el agua, al fuego, al aire, y también a los ruiseñores y al amor, acabando con música de danza (*Loure*, *Sicilienne* y *Caprice*).

También André-Cardinal Destouches, discípulo de Lully, compuso una obra titulada *Les  l ments*, ópera-ballet basada en un argumento de Pierre-Charles Roy, cuya primera representación el 31 de diciembre de 1721 en la ópera de París tuvo como intérprete de algunos solos de baile al mismísimo Luis XV. Mientras que la obertura representa el nacimiento de los elementos, la música de los Z f ros hace referencia al aire, las danzas de las Nereidas al agua y la Chacona al fuego. Otra vez, música recomendable para los amantes del barroco.

Antonio de Literes, originario de Art , en la isla de Mallorca, desarrolló su carrera musical en Madrid. All  compuso *Los Elementos*, calificada por el propio compositor

como * pera armónica al estilo ytaliano*, basada en textos de autor desconocido. Siguiendo una pauta común en la época, los papeles solistas se atribuyen en su casi totalidad a seis sopranos, incluidos algunos caracteres masculinos, de manera opuesta a como Haendel atribuía papeles femeninos a contratenores, por ejemplo, en *Ariodante* o *Rinaldo*. El texto es más bien una oda a la naturaleza, y poco tiene que ver con el carácter de componentes básicos de la materia atribuido a los cuatro elementos. Para dar una idea del tono, véase la siguiente estrofa:

*Y el fuego tenaz,
que gime voraz;
la tierra pesada,
ya cruje irritada;
el mar proceloso
que va caudaloso;
y triste el acento
del aire violento,*

La composición musical está muy por encima del valor del texto, tal como se puede apreciar en la deliciosa versión grabada por Eduardo López Banzo y su grupo *Al Ayre Español* en 1998.

La siguiente obra dedicada a los cuatro elementos aparece ya avanzado el siglo XX de la mano de Frank Martin, compositor suizo cuya música fue contra la corriente atonal imperante entre 1950 y 1970. Su obra *Les Quatre  l ments* fue compuesta para celebrar el 80 aniversario del director de orquesta Ernest Ansermet. Otra obra contemporánea, *Elements*, compuesta por Tully Cathey en 1997 para cuarteto de mandolinas, se inspira en el poder transformador de esas cuatro *fuerzas de la naturaleza* en la región del parque nacional de Yellowstone y las mont as rocosas.

También John Cage tiene una obra corta con los elementos como protagonistas. Se trata de *Inlets*, que interpretan tres m sicos con cuatro caracolas y un barreño de agua cada uno.⁶ La música la genera el borboteo producido al sumergir las caracolas en el agua. Hacia la mitad de la obra, el fuego le toma el relevo al agua, con el sonido grabado de unas piñas de pino ardiendo. El agua vuelve a tomar el relevo y poco después es el aire, a través de otra caracola que hace las veces de trompeta.

Algunas obras reseñadas en la Tabla 1 se refieren a cinco elementos, no a cuatro. Se trata de los elementos de la antigüedad china, descritos en el *Shu Ching*, libro de la dinast  Chou (722–221 aC), también conocidos como *los cinco movimientos o las cinco energías elementales*: tierra, agua, fuego, madera y metal.^[5] éstos, a diferencia de los propuestos por Empédocles, podrían interconvertirse entre sí, de la misma manera que proponía Platón al asociar los elementos a los poliedros regulares, en los que los componentes básicos inalterables serían las caras poligonales. Así, la *Sinf n  1997* de Tan Dun, compuesta por encargo para con-

Tabla 1. Obras de música clásica dedicadas a los elementos.

Marc Antoine Charpentier (1643–1704): <i>La Pierre Philosophale</i> (1681)
Jean-F�ry Rebel (1666–1747): <i>Les �l�mens</i> (Symphonie nouvelle pour 2 violins, 2 flutes & continuo)
André-Cardinal Destouches (1672–1749): <i>Les �l�ments</i> (Opera-ballet)
Antonio de Literes (1673–1747): <i>Los Elementos</i> (Opera arm�nica al estilo ytaliano)
Frank Martin (1890–1974): <i>Les Quatre �l�ments</i> (1963–64)
John Cage (1912–1992): <i>Inlets</i> (1977)
Andrew Stiller (1946–): <i>A Periodic Table of the Elements</i> (1988)
Tully Cathey (1954–): <i>Elements</i> (para cuarteto de mandolinas)
Tan Dun (1957–): <i>Sinf�n� 1997</i>
Steve Heitzeg (1959–): <i>Nobel Symphony</i> (2001)
Zhou Long (1953–): <i>Five Elements</i> (para dizi, clarinete, pipa, erhu, cello y percusión, 2002)

⁵ Esta expresión se usa para designar una obra de teatro que concede gran importancia a una puesta en escena espectacular, con profusión de lo que hoy llamaríamos "efectos especiales".

⁶ Durante la redacción de este artículo, la presentación de un concierto bajo el título *Elements* por el grupo Percussions de Barcelona me permitió descubrir esta obra de Cage, así como otras piezas dedicadas a alguno de los elementos clásicos debidas a autores contemporáneos como Lou Harrison, Keiko Abe y Pere Josep Puértolas.



Figura 2. Zhou Long, autor de *Five Elements*. Fotografía cortesía de Zhou L.

memorar la reunificación de Hong Kong y China, contiene movimientos dedicados a cuatro de los cinco elementos. Nacido en Hunan (China) y residente en New York, Tan Dun es uno de los compositores más galardonados de la última década y sus óperas *Marco Polo* y *Ghost Opera* han dado la vuelta al mundo.

También Zhou Long (Figura 2) se trasladó a los Estados Unidos después de estudiar música en el Conservatorio de Pekín y de trabajar como compositor residente en la Orquesta Sinfónica de la Radiodifusión China. Su formación musical dual se refleja en su obra *Five Elements* que incorpora tanto instrumentos chinos como las cuerdas y los metales característicos de las orquestas occidentales. Cada uno de los cinco movimientos de esta obra está dedicado a uno de los elementos de la tradición china. De entre ellos podríamos destacar el primero y más largo, *Metal*, que empieza con el sonido de una forja, replicado por el eco de la *pipa*, a la que se añaden los instrumentos de viento y cuerda, creando una textura que simboliza la extracción y el refinado.



Figura 3. Steve Heitzeg, compositor norteamericano, autor de la *Nobel Symphony*. Fotografía cortesía de S. Heitzeg.

Por último, podemos mencionar en este apartado la *Nobel Symphony* del compositor norteamericano Steve Heitzeg (Figura 3), escrita por encargo para conmemorar el centenario de los premios Nobel en 2001. El quinto movimiento de esta sinfonía, dedicado al premio de química, se titula *Chemistry: Anthem and Elements*. Este movimiento consta de un himno y variaciones para metales y percusión dedicadas, por ejemplo, a Pauling, los Curie, el wolframio o el carbono 14. Se abre con un rítmico petardeo de un instrumento inusual, un envoltorio plástico de burbujas, acompañado en las distintas variaciones por piedras, papel de aluminio, semillas de maíz, vainas de judías y calabazas.

Música para elemento solista

Podríamos considerar el número de piezas musicales que ostentan en su título el nombre de un elemento como un indicador del grado de conocimiento que tiene la sociedad sobre dicho elemento y sus propiedades. Dos fuentes que proporcionan alguna información relacionada con música ligera son la tabla periódica de *Chemistry Coach*^[7] con sus enlaces a canciones o grupos, o la del diccionario Webster^[8], que para algunos elementos incluye un enlace a un listado de discos de una cibertienda. Algunas conexiones entre obras de música clásica y los nombres de los elementos, más bien voluntaristas, pueden hallarse en un artículo reciente.^[9]

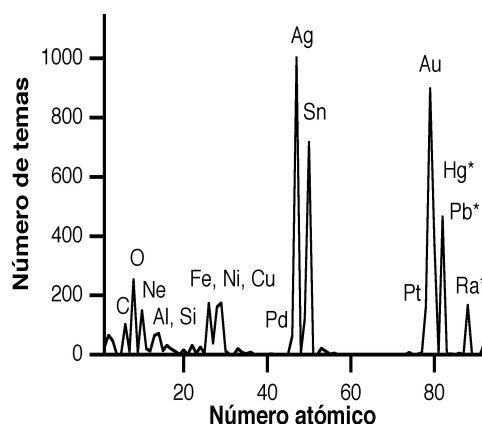


Figura 4. Frecuencia con que aparecen los elementos químicos en los títulos de piezas musicales de una cibertienda. Los valores de los elementos marcados con un asterisco están falseados por su polisemia.

La opción elegida para calibrar la presencia de los elementos en el mercado de la música ha consistido en buscar en una cibertienda musical los nombres en inglés y en castellano de cada uno de ellos. La naturaleza de la cibertienda explorada introduce un sesgo que sobrevalora la música ligera frente a la clásica. Además, en el campo de la música clásica muchas obras se nombran haciendo referencia a su forma (sonata, concierto, sinfonía...), especialmente antes del siglo XX, por lo que resulta aún menos probable encontrar nombres de elementos en los títulos de las obras instrumentales. Los resultados se pueden ver en el *espectro* de la Figura 4, que representa el número de veces que aparece el nombre de un elemento en función de su número atómico.

Antes de analizar este espectro, conviene tener en cuenta algunos aspectos que nos obligan a matizar las cifras obtenidas. Por un lado aparecen muchas redundancias debidas a las diferentes versiones de una misma pieza, sobre todo en música clásica. Por otra parte, algunos elementos se sobrevaloran por tener su nombre un carácter polisémico. Es el caso del indio y el radio en castellano, del plomo en inglés, o del mercurio en ambas lenguas. Por ello debemos relativizar los números que refleja la Figura 4, ya que se requeriría un trabajo minucioso para descartar obras como el ballet *Mercurio* compuesto por Eric Satie, que se refiere al dios Mercurio y no al elemento, o el movimiento *Mercurio* de *Los Planetas* de Holst. Sí incluiríamos, por el contrario, la sinfonía en Mi sostenido mayor de Haydn, Mercurio, ya que alude al carácter "mercurial" o de fluido denso del tema principal.

La Música de los elementos

Lo primero que salta a la vista en la Figura 4 es la presencia de un valle para números atómicos superiores a 32, interrumpido sólo por algunos picos muy pronunciados. Podemos deducir que, con la excepción de algunos metales, existe un conocimiento mucho menor de los elementos más pesados que de los más ligeros. Prescindiendo de los falsos máximos ya mencionados (In, Hg, Pb, y Ra), los elementos con frecuencias mayores son, en orden decreciente, Ag, Au, Sn, O, Cu, Fe, Ni, Pt, Ne, C, Si, He, Al y Pd. En otras palabras, con la excepción del oxígeno, los elementos más populares son los metales con más presencia en la historia de la humanidad y en la vida cotidiana, si bien el aluminio parece no estar a la altura de su ubicuidad en la sociedad actual. En contraposición, deberíamos considerar prácticamente desconocidos aquellos elementos que no aparecen en ningún título, como ocurre con Be, Ga, Ge, Rb, Ru, Rh, La, Hf, Re, At y Fr, así como con la mayoría de las tierras raras.

Un caso peculiar es el de la composición *Allotropes, Elements Different Forms or Same*, de Ornette Coleman, que se puede encontrar en una versión para piano solo de Joachim Kühn pero no ha sido publicada en disco por su autor, controvertido e innovador saxofonista y creador del movimiento *harmolódico*. Aunque no he conseguido encontrar la más mínima pista sobre las razones que le llevaron a usar ese título, está claro que Coleman debe poseer unos conocimientos de química por encima de la media.

Veamos algunos elementos a los que se han dedicado piezas interesantes, como muestra del paisaje musical reflejado en la Figura 4.⁷

Platino - La pieza *Density 21.5* de Edgar Varése (Figura 5), para flauta sola, fue compuesta en 1936 con ocasión del estreno de una flauta de platino por parte del flautista Georges Barrère. La densidad de este metal es de aproximadamente 21.5 g/cm³, de ahí el nombre de esta obra de gran virtuosismo que explora los extremos del registro del instrumento. Más que ser un dato puramente anecdótico, esta cifra refleja el hecho de que el platino es uno de los metales más pesados, con una densidad prácticamente el doble que la del plomo y superado sólo por el iridio, el osmio y los elementos artificiales con números atómicos comprendidos entre 106 y 111.

Hierro - Dada la larga relación de la humanidad con este elemento, así como su papel en el desarrollo de las civilizaciones, no es extraño que el hierro aparezca con mucha más frecuencia que otros elementos en temas musicales. En *El*

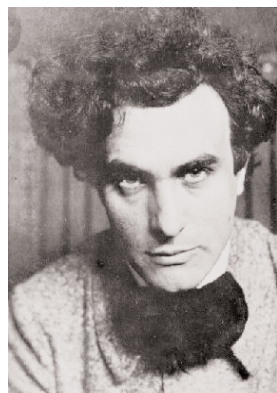


Figura 5. Edgar Varése (1883–1965), autor de la obra dedicada al platino, *Density 21.5*.

Mesías de Haendel, por ejemplo, el tenor interpreta en un aria el texto del salmo 2:9, que dice así:

*Thou shalt break them with a rod of iron,
thou shall dash them in pieces like a potter's vessel*⁸

y en la ópera *Esther* del mismo autor encontramos el recitativo *Now persecution shall lay by her iron rod*, referencias ambas a uno de los usos más primitivos y violentos del hierro. También en el hierro encuentra su máxima expresión la asociación entre metales y rock más o menos duro. Este metal aparece en los nombres de conjuntos como Iron Maiden o Iron Butterfly y en los títulos de piezas musicales de, por ejemplo, Judas Priest (*Hard as Iron*), Black Sabbath (*Iron Man*), o Dire Straits (*Iron Hand*).

Oxígeno - The Sweet, un grupo del pop más intrascendente de los primeros tiempos, incluyó en su repertorio la canción *Love is Like Oxygen*. En ella el oxígeno se compara con el Amor, como vemos en el estribillo:

*Love is like oxygen:
you get too much, you get too high,
not enough and you're gonna die.
Love gets you high.*⁹

Más recientemente las *Spice Girls* cantan también a un amor tan imprescindible como el oxígeno en su canción *Oxygen* (*Forever*, 2003), igual que el grupo de "música cristiana" Avalon en su canción con el mismo nombre, que da título a un álbum.¹⁰

*You are my oxygen
I breathe You in
I breathe You out
You are my oxygen
You are my love
You are what life's about.*

En definitiva, estas canciones van en la línea común a una gran parte de la producción pop, que tiene a la ciencia como secundaria frente a las cosas realmente importantes, particularmente el amor, como se puede apreciar en la canción *The Scientist*, del grupo Coldplay. La declaración de principios más inequívoca se encuentra en la canción *Wonderful World*, cantada por la voz persuasiva de Sam Cooke, que se repopularizó hace unos años a raíz de su aparición en la película *Único testigo*, con Harrison Ford como protagonista:

⁷ Debo anotar que no toda la información que se discutirá de aquí en adelante ha sido encontrada en la búsqueda de la cibertienda reflejada en la Figura 3.

⁸ En la versión castellana de la Biblia de Nácar-Colunga, el salmo citado en *El Mesías* aparece menos violento que en su versión inglesa: *Podrás regirlos con cetro de hierro, / romperlos como vasija de alfarero.*

⁹ El amor es como el oxígeno: / si exageras te da un subidón, / si escasea te puedes morir. / El amor te coloca.

¹⁰ Tú eres mi oxígeno / te inspiro / te expiro. / Tú eres mi oxígeno / tú eres mi amor / eres la esencia de la vida.

*Don't know much about history,
Don't know much biology,
Don't know much about a science book,
Don't know much about the french I took.
But I do know that I love you,
And I know that if you love me, too,
What a wonderful world this would be!*¹¹

Para compensar la hiperventilación con oxígeno pop, puede uno relajarse escuchando la amable suite *Oxygen* para guitarra solista, compuesta e interpretada por el guitarrista clásico Sulaiman Zai. O tal vez aprovechar la vertiente salsera de este elemento vital, marcando el ritmo con el *Oxígeno* de Willy Chirino, originario de la provincia cubana de Pinar del Río y uno de los artistas destacados de la colonia cubana en Miami, ciudad que le ha dedicado una calle:

*Esa mujer me da oxígeno
con su sonrisa simpática
con su presencia magnífica
¡Ay! oxígeno
para mi sangre y mi espíritu
con la locura en el máximo
con el control en el mínimo
con su sonrisa magnética...*

Seguramente el autor sabía la química suficiente para comprender que el oxígeno, paramagnético, debe estar inequívocamente asociado a una sonrisa también magnética.

Plata y Oro - Aunque con los lógicos matices, estos dos metales comparten el pedestal del imaginario popular (Figura 4) y las observaciones que pueden hacerse sobre su música son análogas para ambos. Su presencia en el cancionero viene dada por su condición de materia prima para una gran variedad de objetos, por su carácter de símbolos de riqueza, lujo y poder, y por su brillo metálico, así como por las metáforas que hacen uso de estas propiedades.

Como ejemplo de la ubicuidad de estos metales en el lenguaje común basta con hacer una lista de las palabras a las que se atribuye el calificativo "de plata" o "plateado" en los títulos de canciones. En muchos casos se trata simplemente del material del cual está hecho un objeto, como en el caso de corona o moneda, aunque a menudo se trata de objetos que difícilmente están hechos de plata, como calcetines, satélite o sandalias. En otros casos se trata de una manera figurada de asociar las cualidades propias de la plata como el brillo metálico, el tacto frío, el color o su alto valor. ¿Cómo si no se explicaría que se hable de corazón, enfermedad, ombligo o sueños plateados? Este uso aparece también asociado a diversos aspectos de la naturaleza (noche, playa, tormenta, crepúsculo), e incluso a conceptos más intangibles como espirales, palabras, recuerdos o sonido.

A diferencia de lo que ocurre con otros elementos, en el mundo de la música clásica abundan compositores de oro y plata como se puede ver en la muestra de la Tabla 2. Entre esas obras cabe destacar la ópera *El oro del Rin*, de Wagner, que gira alrededor de un anillo de oro y del poder y la maldición que lo acompañan.

En el campo del pop-rock también la nómina es numerosa e incluye a Bad Company, los Beatles, Eva Cassidy, Chick Corea, The Cult, Bob Dylan, Earth, Wind and Fire, la Electric

Tabla 2. Algunas obras clásicas que hacen referencia al oro o la plata.

J. S. Bach	<i>Gold und Ophir ist zu schlecht</i> (aria de la cantata BWV 64)
L. van Beethoven	<i>Hat man nicht auch Gold beineben</i> (Fidelio)
H. von Bingen	<i>Veri florib sub figura</i>
V. Bellini	<i>Vaga luna che inargenti</i>
A. Bliss	<i>The Golden Cantata</i>
J. Brahms	<i>Gold überwiegt die Liebe</i> (lieder, Op. 48)
F. Delius	<i>See, The Silver Moonlight kisses The Woods</i> (A Village Romeo and Juliet)
J. Desprez	<i>Faute d'Argent</i> (canción)
A. Dvorák	<i>La rueca de oro</i> (poema sinfónico) <i>O Silver Moon</i> (Rusalka)
O. Gibbons	<i>The Silver Swan</i>
G. F. Haendel	<i>Gold Within the Furnace Try'd</i> (Susanna) <i>Gold is Now Common</i> (Solomon) <i>Sound an Alarm! Your Silver Trumpets Sounds</i> (Judas Maccabaeus)
F. Lehár	<i>Gold und Silber</i> (vals)
P. Mascagni	<i>O Gentle Flower of Gold</i> (Cavalleria Rusticana)
H. Purcell	<i>Golden Sonata</i>
E. Satie	<i>Poudre d'or</i> (piano solo)
D. Shostakovich	<i>Zolotoy Vek</i> (La edad de oro)
J. Sibelius	<i>Give me no splendour, gold or pomp</i> (5 canciones navideñas, Op. 1)
G. Verdi	<i>Oro, Quant'oro</i> (Ernani)
R. Wagner	<i>El oro del Rin</i>

Light Orchestra, Brian Eno, Fairport Convention, Fleetwood Mac, Genesis, Stan Getz, Amanda Lear, Hugh Masekela, Don McLean, Nico, Elvis Presley, Spandau Ballet, Status Quo, Paquito D Rivera, The Rolling Stones, Sting, Tangerine Dreams, Andreas Vollenweider, Stevie Wonder y Neil Young.

Boro - Si el boro se obtiene del bórax por reducción y uno de los principales yacimientos de este mineral se encuentra en California, la música de este elemento es una canción clásica de cowboys, *Borax Bill*, que se puede encontrar en el disco de Slim Critchlow, *Cowboy Songs: The Crooked Trail to Holbrook*. Se refiere a un personaje legendario, conocedor de los sitios secretos donde se podía encontrar bórax:

*For Borax Bill knew every hill
Where borax lays a-hidin'
And they say that every moonlight night
His ghost goes borax ridin'.¹²*

¹¹ No sé mucho de historia, / no sé mucha biología. / No sé mucho del libro de ciencia, / no sé mucho del francés que estudié. / Pero sí sé que te quiero, / y sé que si tú también me quieres, / ¡qué maravilloso sería este mundo!

¹² Porque Borax Bill conocía cada colina / en la que se esconde el bórax / y dicen que en las noches de luna llena / su fantasma cabalga por el bórax.

La Música de los elementos

Litio - Nirvana fue un grupo de culto en los años noventa, originario de Seattle. Su líder, Kurt Cobain, padecía depresiones que le llevaron finalmente al suicidio. Al hecho de que la terapia para esta enfermedad haga uso de sales de litio (Figura 6) debe atribuirse que le haya dedicado una canción a este elemento, titulada precisamente *Lithium*. La letra de la canción describe más bien los estados de ánimo por los que pasa quien sufre el trastorno bipolar, no muy lejos del espíritu de los versos de José Agustín Goytisolo sobre el mismo tema en su poema *Llega el litio*:

*...Mucho haloperidol; pinchazos de antabús
probó electroterapia veinte veces
y salió disparado hacia una vida
que ahora ya no recuerda: quince años
hasta que llegó el litio: quince años
perjudicando a todos los que amaba
pues gastó su dinero y el ajeno
en alcohol en viajes y en delirios.
Pero el litio llegó y está en su sangre
y ahora es su compañero de por vida
hasta la oscuridad o la luz total.*



Figura 6. Fármaco basado en carbonato de litio. Fotografía del autor.

En su canción *Lithium Sunset* el cantante Sting convierte este elemento en una puesta de sol que lo ilumina después de un mal trance:

*I've been scattered I've been shattered
I've been knocked out of the race
But I'll get better
I feel your light upon my face.
Heal my soul
Oh Lithium Sunset...¹³*

Carbono - Aunque el litio cura la depresión, el mejor amigo de una chica es el carbono. Al menos eso es lo que canta Lynda Williams, *The Physicist Chanteuse*, en *Carbon is a Girl's Best Friend*. El título de esta canción es una paráfrasis del que immortalizó Marilyn Monroe en *Los caballeros las prefieren rubias*. Williams habla del ciclo del carbono, del diamante y el grafito, de los ensayos de carbono 14, la nanotecnología y los fullerenos. ¿Alguien da más? Bueno, al compositor brasileño Francisco Mignone la forma diamante del carbón le dió para toda una ópera, *Contractadores dos diamantes*, representada por primera vez en Rio de Janeiro en 1924. Aunque Mignone es menos conocido del gran público que su compatriota Villa-Lobos, su producción musical es de gran altura, y una pieza orquestal de esta ópera fue interpreta-

da antes de su estreno por la Orquesta Filarmónica de Viena bajo la dirección de Richard Strauss.

En contraste con el glamour asociado al diamante, las formas menospreciadas pero necesarias del carbono han sido fuente de sufrimiento entre los mineros y sus familias, tal como cantó por tarantos Antonio Núñez, "El Chocolate", en *Cuando salgo de la mina*.

Flúor - Los componentes de Dr. Snark, un pequeño grupo de Boston, asimilaron bien el concepto de electronegatividad y las propiedades químicas del fluor. Ello les ha valido para escribir *Fluorine Atom*, una canción con buena química sobre amores adolescentes no correspondidos. He aquí dos fragmentos de muestra:

*She's a fluorine atom!
She never stays in a single state for long!
She bonds energetically with the next cute guy she sees!
Oh, how come this next guy is never me?¹⁴
She's element nine on the Periodic Table!
...She's a halogen, symbol is the letter "F"
She's the most electronegative ion
Always needin' a guy to tie on...¹⁵*

Surtido de elementos - En dos casos podemos encontrar en un mismo disco varias canciones dedicadas cada una a un elemento. Uno de ellos es el disco *Opportunity Crosses the Bridge*, del trío instrumental Forever Einstein, con doce piezas elementales (Sb, B, C, En, Eu, H, Hg, Ne, O, P, Ra y Sn). Sería interesante saber cómo asocian una música a cada elemento, pues parece claro que cada uno tiene su personalidad propia. El neón y el mercurio recuerdan el sonido de sendas cajas de música con bailarina, el hidrógeno y el mercurio tienen música de campanillas, el boro simula un orgánico perezoso, el oxígeno llega al borde de un ataque de histeria, al boro le cuesta encontrar la afinación, el antimonio es simple y tiene resonancias de selva tropical y el estaño acaba dando las señales horarias.

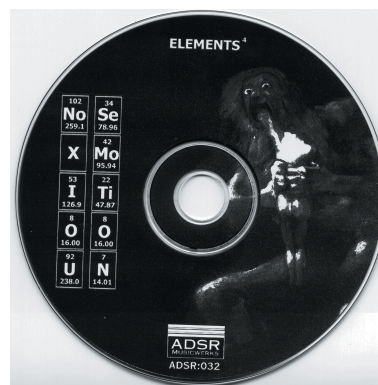


Figura 7. CD del grupo Noxious Emotion titulado *Elements*.

¹³ He sido dispersado, fragmentado / He sido expulsado de la carrera / Pero me recuperaré / Siento tu luz sobre mi cara / Cura mi alma / Oh, atardecer de litio!

¹⁴ ¡Ella es un átomo de flúor! / ¡Nunca permanece sola por mucho tiempo! / Se enlaza enérgicamente con el primer tío guapo que ve / ¡Oh!, ¿cómo es que ese tío nunca soy yo?

¹⁵ Ella es el elemento número nueve de la Tabla Periódica / ... / Es un halógeno, su símbolo es la letra "F" / Es el ión más electronegativo de todos / siempre necesita un tío al que unirse.

El otro disco, *Elements* de Noxious Emotion, dedica canciones a nueve elementos. Tal vez no te atraiga su música electrónica potente, quizá tampoco las letras, que no tienen nada que ver con los elementos y podríamos calificar de filosófico-oníricas (en *Uranio*, por ejemplo, se preguntan si un ordenador apagado puede soñar). Como se puede ver en la Figura 7, simplemente han utilizado diversos elementos químicos para titular sus canciones porque uniendo los correspondientes símbolos resulta el nombre del grupo, aunque por la letra X recurren, suponemos, a un halógeno indeterminado. Al menos hay que reconocerles su gusto por el arte, ya que en el disco incorporan la imagen del cuadro *Saturno devorando a sus hijos*, de Goya, y en la portada un fragmento de *La creación de Adán*, de Miguel Ángel.

Música de cámara para varios elementos

Si nos ocupamos de piezas musicales que se refieren a grupos de varios elementos a la vez, podemos empezar por el trío formado por oxígeno, nitrógeno y argón, protagonistas de la canción *Aire* del grupo Mecano. Otro trío clásico formado sólo por metales se debe a Woody Guthrie, el padre de la música folk norteamericana. En *Grand Coulee Dam*, Guthrie canta a un pantano que, entre otras cosas, alimenta de electricidad las fábricas de Washington y Oregon que obtienen cromo, manganeso y aluminio.

Un cuarteto de elementos aparece en *The Demi Song*, interpretada por Pete Seeger, otra figura mítica del folk norteamericano (Figura 8). *Demi* es el nombre coloquial que se da al supervisor de laboratorio, y la canción recoge la experiencia de muchos estudiantes en todo el mundo, enfrentados a una mezcla de la cual tienen que encontrar la composición mediante análisis químico. La música y el mecanismo de esta canción se tomaron prestados de la canción popular inglesa *12 Days of Christmas*, en la que cada nueva estrofa añade una línea a la anterior. Así, la penúltima estrofa, que recoge el contenido de todas las anteriores, dice:¹⁶

*The eighth time I made it up,
The demi said to me:
"Try another mixture,
What was that explosion?
Have you tried a flame test?
No fluoride,
Who said manganese?
Iron's there in traces,
Chloride isn't there,
And there's one metal more in Group 3."*

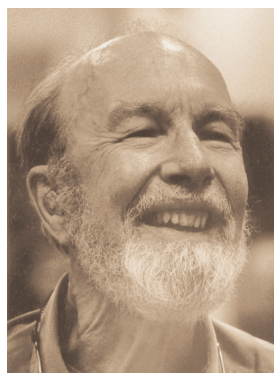


Figura 8. Pete Seeger, cantante folk.

Siguiendo la misma tónica, la última estrofa añade una línea, pero ésta cambia por completo de registro: el profesor pierde la paciencia y acaba proponiendo al alumno que mejor se matricule de física.

De la mano de Kraftwerk, un grupo representativo de lo que se llamó tecno-pop, encontramos en *Vitamin* un septeto de elementos (K, Ca, Fe, Mg, Zn, Se y Co), con acompañamiento de algunos compuestos orgánicos y un ritmo que hace chirriar las neuronas.

Música para pequeñas orquestas elementales

El grupo Blackalicious usa hasta diecisiete elementos en su tema hip-hop *Chemical Calisthenics*. Calistenia es una palabra que procede del griego *kallos*, fuerza, y *stenos*, belleza, y designa el conjunto de ejercicios gimnásticos que se realizan para adquirir buena forma física. Pero la letra de esta canción tiene más que nombres de elementos y gimnasia mental. Es un cóctel de palabras provenientes de los campos de la física y la química, que por momentos parecen hechas para una pedagogía científica elemental. Por ejemplo: "La Teoría es que toda la materia se compone de al menos tres partículas fundamentales: Protones, electrones, neutrones". En cambio resulta difícil descifrar otros pasajes: "Soy calcio más potasio, magnesio, periódico de sodio, sulfato".

Diego Carrasco (Figura 9), cantaor flamenco de Cádiz, utiliza la tabla periódica para hacer juegos de palabras en *La Química*. En esa pieza los elementos forman ya una pequeña orquesta de veinticuatro componentes. La letra de Jesús Bola no tiene desperdicio:

*Si entre tú y yo existe la Química
Si somos isótopos, niña
Si entre núcleo y corteza
Existe un gran espacio vacío,
Libera mi energía hacia una órbita interior
y combinémonos para hacernos molécula
Covalente, iónica o metálica, me da igual
No quiero catalizadores,
Sólo el efecto de la temperatura.*



Figura 9. Diego Carrasco, intérprete de la canción *La Química*, un divertido juego de palabras basado en los nombres de los elementos químicos.

¹⁶ La octava vez que me examiné, el ayudante me dijo: "prueba otra mezcla, ¿qué fué esa explosión? Has hecho un ensayo a la llama? No hay fluoruro, ¿quién dijo manganeso? Hay trazas de hierro, no hay cloruro, y hay un metal más del grupo 3".

La Música de los elementos

*Dame arsénico, si quieres
pero azufre t  también.
Llevo bario días que belirio por t 
y me siento bisminuto
Me enaboro de t  y no bromeo
Cadmio mío, si a calcio me quieres,
te lo digo en cerio, zinc tú me siento estaño...*

El polifacético Tom Lehrer (Figura 10) escribió una canción titulada *The Elements* que es todo un clásico entre los químicos anglosajones. Se cuenta que la interpret  en Harvard ante una audiencia universitaria, acompañándose al piano y recitando uno tras otro los primeros noventa y dos elementos con un ritmo vertiginoso que hace imposible siquiera localizar con la vista cada elemento en la tabla periódica a medida que los enumera. Las pausas de respiración son lo más teatral de esta canción antológica, y el único texto añadido a la lista de los elementos son dos frases finales premonit rias:

*These are the only ones of which the news has come to
Harvard,
And there may be many others but they haven't been dis-
covered.*¹⁷



Figura 10. Tom Lehrer, célebre por su canción *The Elements*, en una foto de 1960.

La tabla periódica compone su propia música

Lejaren Hiller (1924–1994) fue un químico y compositor que aplicó las técnicas de Monte Carlo al estudio de las conformaciones de polímeros y también a la composición musical mediante ordenador, método que también explor  el químico y compositor catalán Josep Maria Mestres Quadreny. Andrew Stiller (Figura 11), discípulo de Hiller en el campo musical, compuso no hace mucho *A Periodic Table of the Elements*, una traducción literal al lenguaje musical de la tabla periódica. Estrenada el 28 de octubre de 1990 en Philadelphia, está escrita para flauta alto, corno inglés, clarinete bajo, fagot, dos trompetas, trompa, trombón, percusión y cinco cuerdas solistas, y se puede encontrar en el disco compacto *A Descent into the Maelstrom* interpretada por la Orchestra 2001.

Esta obra está basada en un algoritmo que transforma la información de cada elemento químico en un fragmento musical, estableciendo una correspondencia entre sus propiedades (abundancia natural, densidad, reactividad química, afinidades químicas, radioactividad, valencias, estado físico y carácter metálico) y su expresión musical

(duración, densidad armónica, intensidad, orquestación, percusión, nota, registro y clave, respectivamente). Los elementos aparecen por orden decreciente de número atómico, desde el Dubnio (elemento 105) hasta el hidrógeno. Como quiera que la radioactividad es más frecuente entre los elementos más pesados y la abundancia natural mayor para los elementos más ligeros, la obra es más sincopada y rica en percusiones al principio, para irse haciendo más melódica a medida que avanza.



Figura 11. Andrew Stiller (Washington, D.C., 1946), autor de *A Periodic Table of the Elements*. Fotografía cortesía de A. Stiller.

Aunque puede generar resistencia en los oídos más clásicos, los poco más de seis minutos que dura la pieza de Stiller no se hacen largos y se salpican con momentos de lirismo.

Mendeléiev y la música

Las conexiones de Mendeléiev con el mundo de la música han sido poco exploradas. Aún estando mejor documentada su afición por la literatura y la pintura,^[10] sabemos que en sus veladas vespertinas la música ocupaba un lugar destacado, y que su autor preferido era Beethoven.^[11] En la biografia novelada de Posin, la música de fondo de su romance con la estudiante de arte Anna Ivanovna Popova es precisamente el Concierto *Emperador* de Beethoven, que interpretaba ella misma al piano. Anna Ivanovna se acab r a convirtiendo en su segunda mujer.^[12]

Por otro lado, Borodin, el químico y compositor por antonomasia, se instaló en Heidelberg en 1860, donde trabaj  con Erlenmeyer y coincidió con Mendeléiev. En la primavera de ese mismo año viajaron juntos a Italia (Venecia, Verona y Milán), Alemania y Suiza, asistieron en septiembre al histórico congreso de Karlsruhe y visitaron Génova y Roma en el otoño.^[13] A pesar de ello, no parece que la gesta de Mendeléiev haya inspirado composición musical alguna de su otrora amigo. Cabe suponer que tras el regreso de Borodin a Rusia, a finales de 1862, perdieran contacto hasta el punto que cuando Mendeléiev publicó sus trabajos sobre el sistema periódico en 1869 éstos le pasaran inadvertidos. Otra interesante coincidencia es que uno de los colegas de Mendeléiev en San Petersburgo fue un ingeniero llamado Dmitri Boleslavovich Shostakovich, cuyo hijo Dmitri Dmitrievich llegar  a convertirse en uno de los más destacados compositores rusos del siglo XX.

¹⁷ Estos son los únicos de los que han llegado noticias a Harvard, / y puede que haya muchos más pero aún no han sido descubiertos.

Para encontrar una pieza dedicada a Mendel ev hay que llegar hasta 2002, cuando Michael Offutt graba un disco titulado *Chemistry Songbag*, uno de los álbumes más recomendables de música "filk".¹⁸ Offutt no sólo es autor de letra y música de las canciones, sino que también canta y toca la guitarra, el banjo, el bajo y los teclados. Entre canciones como *Electron Configuration Polka* y *Redox Blues*, encontramos una titulada *Mendeleev*, en homenaje al autor del sistema periódico. Estas son las dos estrofas más características:

*Who told the elements where to go? Mendeleev!
Who put them in columns and in rows? Mendeleev!
Who was ready, who was able to make a periodic table,
Who was that chemist? Mendeleev!*

*He wondered if Nature really had a master plan,
If the elements had a pattern that one could understand,
So he bought a bunch of cards and on each one wrote the name
Of an element and its weight, and then he played the game.¹⁹*

Dada la escasez de obras dedicadas al padre del sistema periódico, caber citar aquí también la pieza instrumental *Mendeleev* del grupo australiano Elaex, que se define como música instrumental chillout con guitarra rock.

Uno de los químicos que rellenaron los espacios en blanco que Mendel ev dej  en su tabla periódica fue Georges Urbain (Figura 12), profesor de la Universidad de París, especialista en tierras raras y descubridor del lutecio en 1907.^[14] Fue autor, además, de textos en áreas tan diversas como la espectroquímica, la química de coordinación y la teoría de las reacciones químicas, así como de un tratado de química general y de ensayos de cariz más teórico e incluso filosófico.^[15] Aparte de su talla científica y de haber hecho serias incursiones en la pintura y la escultura, es su doble vertiente de m sico y descubridor de elementos lo que le hace merecedor de un espacio en este artículo.

Urbain aprendió piano en su infancia y mantuvo su interés por la música, estudiando especialmente las obras de Bach, Wagner, César Franck y Debussy, pero fue a partir de 1921 que su vena musical empezó a dar frutos, componiendo obras como *A la veill e*, *Chanson d'Automne* y *Sur l'herbe*, estas dos

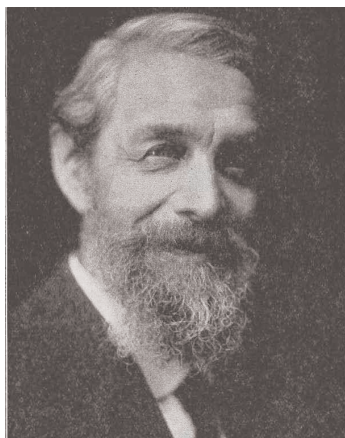


Figura 12. Georges Urbain (1872–1938), descubridor del lutecio, pianista y compositor musical.

 ltimas basadas en poemas de Verlaine. Otras obras posteriores incluyen varias suites para piano y diversas piezas para  rgano. En 1924 publicó un ensayo^[16] en el que defiende que la música es más intelectual que sensorial y, por tanto, susceptible de un estudio científico.

Epílogo

En el libro *Las dos culturas*,^[17] que se suele citar como una llamada a una mayor interacción entre los mundos científico y humanístico, Snow se refiere exclusivamente a la ignorancia mutua de literatos y científicos. Sólo hace una breve menpci n a la música, refiriéndose a los científicos de esta forma:

Se trata de hombres muy inteligentes, no se olvide. Su cultura es en bastantes aspectos una cultura metódica y admirable. No encierra mucho arte, con excepción -una importante excepción- de la música.

Desgraciadamente, no dice en qué datos basa esta afirmación.

En la misma línea iba la conferencia inaugural de Van 't Hoff en su cátedra de Amsterdam, en 1878.^[18] La tesis sostenida por el padre de la esteroqu mica es que en la actividad científica la imaginación juega un papel importante a la hora de establecer relaciones entre causa y efecto. Afirma además que las inclinaciones artísticas son una expresión saludable de la imaginación, y cita diversos científicos como ejemplo, aunque casi todos (Newton, Ha y, Malus, Lalande, Galileo, Poisson, Watt, Davy y Ampère) destacan por sus aficiones literarias. Sólo el conde de Lacépède, zoólogo y escritor, hizo también incursiones en el mundo de la composición musical y publicó un libro titulado *Poétique de la musique* además de diversos libros de historia natural, un libro de física general^[19] y un ensayo sobre la electricidad.^[20] Sorprende que Van 't Hoff no mencione a su contemporáneo Borodin, también químico orgánico, que en aquellos momentos ya había estrenado un par de sinfonías.

En resumen, parece ser que la más práctica de las ciencias y la más abstracta de las artes han tenido menos interacción todavía que las culturas científica y literaria, aunque no podemos olvidar algunas excepciones bien conocidas.^[21] Es el caso de Urbain, ya glosado en la sección anterior, que nos ofrece esta visión de la relación entre la música y la química:

El m sico combina los sonidos como el químico combina las sustancias. La nota es el elemento musical como el cuerpo simple es el elemento químico [...] Lo que es cierto es que el m sico y el químico razonan en sus campos respectivos de la misma manera, a pesar de la profunda diferencia de los materiales que utilizan. ^[16]

¹⁸ Una canción "filk" es aquella relacionada con la ciencia o la ciencia-ficción que utiliza la música de una canción folk (J. Hartman, www.swil.org/FILKS/Filkllore.html, consultado el 5/1/2007).

¹⁹  Qu n dijo a los elementos dónde colocarse?  Mendel ev! /  Qu n los puso en columnas y en filas?  Mendel ev! /  Qu n estaba preparado, qu n fue capaz de hacer una tabla periódica? /  Qu n fué ese químico?  Mendel ev!

Se pregunt  si la naturaleza tenía un plan maestro, / si los elementos seguían un patrón que pudiéramos entender, / así que compr  unas tarjetas y en cada una escribió el nombre / de un elemento y su peso, y entonces empezó la partida.

La Música de los elementos

Mi limitado conocimiento del vasto universo musical me obliga a ser cauto a la hora de extraer conclusiones. Sin embargo, parece evidente que la presencia de la química en la vida cotidiana no tiene una traducción en los títulos y contenidos de las obras de música culta de los últimos dos siglos. Resulta particularmente sorprendente, y tal vez un indicio del déficit de cultura científica de nuestra civilización, que compositores del siglo XX se inspiren en los elementos clásicos pero no en los elementos químicos, el sistema periódico ni en Mendeléiev.

Los diferentes géneros de música popular parecen ser algo más permeables a la influencia de la química, a tenor de los ejemplos recogidos en este artículo. A falta de un estudio sociológico riguroso y detallado, se pueden apuntar dos conclusiones preliminares. Por un lado, parece claro que hay una tendencia muy extendida a utilizar terminología científica de una forma superficial, como cuando se habla de química como metáfora de empatía, del oxígeno como referente físico del intangible amor, o del magnetismo como sinónimo de atracción, olvidando que polos iguales se repelen con la misma fuerza con que se atraen los polos opuestos. Por otro lado, un análisis de los títulos de canciones y los nombres de grupos o de sellos musicales sugiere que una porción no despreciable de la terminología química ha sido incorporada al acervo popular.

Sería aventurado extrapolar la escasa relación entre música clásica y elementos químicos a otros campos de la ciencia, ya que es evidente que existen muchos más puntos de contacto entre la música y la física o las matemáticas. Como botones de muestra de contribuciones de científicos al mundo de la música citaré sólo dos ejemplos sobresalientes, el de René Descartes que escribió la obra *Compendium musicae* (1650) y el de William Herschel, que estudió oboe y fue director de orquesta, organista y compositor.^[22] En un artículo reciente, Root-Bernstein presenta una discusión más detallada de las relaciones entre creatividad científica y musical, y ofrece más referencias a científicos compositores.^[23]

Por parte de los químicos, ¿nos preocupamos por establecer conexiones entre nuestra profesión y las manifestaciones de arte que con ella se relacionan? Los docentes, ¿damos pistas a nuestros alumnos para que piensen que un elemento, un compuesto o una reacción pueden pertenecer también al universo del arte? ¿Veremos el día en que en las bases de datos químicas, al buscar un compuesto, tengamos la opción de obtener un listado de piezas musicales, obras literarias, cuadros o películas relacionados?

Bibliografía

- [1] J. A. R. Newlands. *Chem. News* **1865**, 12, 83.
- [2] D. Mendeléeff; *The Principles of Chemistry*; trad. de la 5ª ed. rusa; Longmans: Londres, **1891**; vol. 2, p. 20.
- [3] L. Wang. *Chem. Eng. News* **2005**, 83, 68; L. Wang. *Chem. Eng. News* **2006**, 84, 56.
- [4] Society for the Propagation of the Music of the Chemist-Composers: <http://faculty.cua.edu/may/SPMCC.htm>, consultado el 21/12/2006.
- [5] H. M. Leicester; *Panorama histórico de la química*; Alhambra: Madrid, **1967**; J. R. Partington; *A Short History of Chemistry*; 3a ed.; Macmillan: Londres, **1957**.
- [6] A. Copland; *Cómo escuchar la música*; Fondo de Cultura Económica: México, **1955**.
- [7] Chemistry Coach: <http://www.chemistrycoach.com/Musical%20Periodic%20Table.htm>, consultado el 21/12/2006.
- [8] Diccionario Webster: www.websters-online-dictionary.org, consultado el 9/1/2007.
- [9] J. A. Labinger. *Chem. Intelligencer* **1997**, 3, 50–51.
- [10] W. A. Tilden. *J. Chem. Soc., Trans.* **1909**, 95, 2077–2105.
- [11] B. Harrow; *Eminent Chemists of Our Time*; 2a ed.; D. Van Nostrand: New York, **1927**, p. 39.
- [12] D. Q. Posin; *Mendeleev. The Story of a Great Scientist*; McGraw-Hill: New York, **1948** p. 219–237.
- [13] S. Sadie, ed. *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*; 2a ed.; Macmillan: Londres, **2001**; F. H. Getman. *J. Chem. Educ.* **1931**, 8, 1763–1780; H. M. Leicester, en *Great Chemists*; E. N. Farber, Ed.; Interscience: New York, **1961**; pp 717–732.
- [14] G. Champetier, C. H. Boatner. *J. Chem. Educ.* **1940**, 17, 103–109.
- [15] G. Urbain; *Les disciplines d'une Science. La Chimie*; Gaston Doin: París, **1921**; G. Urbain; *Les notions fondamentales d'élément chimique et d'atome*; Gauthier-Villars: París, **1925**; G. Urbain; *La coordination des atomes dans la molécule*; Hermann: París, **1933**; G. Urbain, A. Sénéchal; *Introduction à la chimie des complexes : théorie et systématique de la chimie des complexes minéraux*; A. Hermann et fils: París, **1913**.
- [16] G. Urbain; *Le Tombeau d'Aristoxène. Essai sur la Musique*; Doin: París, **1924**.
- [17] C. P. Snow; *Las dos culturas y un segundo enfoque*; Alianza Editorial: Madrid, **1977** p. 22.
- [18] J. H. Van 't Hoff; *Imagination in Science*; Springer-Verlag: New York, **1967**.
- [19] B. G. E. Lapepède; *Physique générale et particulière*; Didot: París, **1782**.
- [20] B. G. E. Lapepède; *Essai sur l'électricité naturelle et artificielle*; Didot: París, **1781**.
- [21] G. B. Kauffmann. *Chem. Educator* **2001**, 6, 389–395.
- [22] P. A. Scholes; *Diccionario Oxford de la Música*; Edhasa: Barcelona, **1984**.
- [23] R. S. Root-Bernstein. *Leonardo* **2001**, 34, 63–68.